

재유화형 폴리머 분말을 사용한 폴리머-시멘트 모르타르의 내구성

Durability of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powder

연구석^{*} 주명기^{**} 정중호^{***} 김성기^{***} 이지원^{***}
Yeon, Kyu Seok Joo, Myung Ki Jeong, Jung Ho Jin, Xing Qi Lee, Chi Won

ABSTRACT

Durability of the polymer-modified mortars using the redispersible SBR and PAE powder-modified mortars were experimentally investigated. Results of a previous study were used to determine the mix proportion that optimized the strength, and the freezing-thawing resistance, the carbonation depth and the chloride intrusion depth of the mortar for various polymer-cement ratios were studied. After 300 freezing-thawing cycles, the rate of weight reduction decreased from 7 to below 2 % as the polymer-cement ratios increased from 0 to 15 %, and, on the 150 cycle basis, durability index increased from 60 to 98. Carbonation depth decreased from initial value of 5.5 to about 2.5 mm and chloride intrusion depth did from 3.5 to 1.5 mm

1. 서론

근년에 이르러 콘크리트나 모르타르 등 시멘트 혼화물에 대한 사용이 건설사업물량의 증가에 따라 계속적으로 늘어나고 있다. 이러한 물량증가와 함께 요구되는 것이 품질이며, 품질기준의 주요한 요소중의 하나가 내구성이다. 이러한 내구성은 콘크리트 구조물의 사용범위가 해양구조물 등 환경조건이 열악한 곳까지 확대됨에 따라 더욱 중요시 되고 있다.

내구성 증진을 위한 방법에는 구조물의 표면을 보호처리 하는 경우와 소재의 개질을 통해 내부조직을 강화시키는 방법이 있다.

본 연구는 상기방법 중 소재의 개질을 목적으로 한 것으로서 개질제로 재유화형 SBR 및 PAE분말을 사용하였다. 연구내용은 동결융해시험과 중성화 및 염화물 침투시험을 통하여 폴리머-시멘트 모르타르의 내구성을 구명한 것으로서 이는 기존 시멘트 콘크리트 구조물의 내구성 향상을 위한 대책으로 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

2. 사용재료

2.1 시멘트

주결합재로서 포틀랜드 시멘트와 알루미나 시멘트를 8 : 2로 혼합 사용하였으며, 각각의 물리적 성질은 Table 1과 같다.

2.2 잔골재

모르타르용 잔골재로 규사(6호)를 사용하였다.

2.3 재유화형 폴리머 분말

시멘트 혼화용 재유화형 분말수지로 SBR(Styrene-butadiene rubber)과 PAE(Polyacrylic ester)가 각각 사용되었으며, 그 성질은 Table 2와 같다.

2.4 분말 소포제 및 수축저감제

모르타르 내부의 기포를 줄이기 위해 폴리 에테르계 분말 소포제를 사용하였고, 수축량을 줄이기 위해 폴리 에테르계(폴리 에칠렌 그린콜) 분말수축저감제를 사용하였다.

* : 정희원, 강원대학교 지역기반공학과 교수

** : 정희원, 주성대학 콘크리트 보수·보강 재료연구소

*** : 정희원, 강원대학교 지역기반공학과 대학원 석사과정

Table 1. Physical properties of portland and alumina cement

Type of cement	Blaine specific surface (cm ² /g)	Setting time (hr-min)		Compressive strength (MPa)			
		Initial set	Final set	3 h	6 h	1 d	28 d
Portland	3300	2-18	3-12			14.0	42.3
Alumina	4115	3-00	3-30	22	27	40	46

Table 2. Properties of redispersible SBR and PAE powder

Type of polymer	Appearance	Average particle size (μm)	Glass transition point (°C)	pH [10% water dispersion] (20 °C)
SBR	White powder	1.5	-5	5.6
PAE	White powder	2	2	5.4

Table 3 Mix proportions of redispersible polymer powder-modified mortars

Cement : Sand (by mass)	Polymer-cement ratio (%)	Antifoamer content (%)	Shrinkage-reducing agent content (%)
1 : 2	0, 5, 10, 15	2	2

3. 시험 방법

3.1 공시체 제작

KS F 2476 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 준하여 시멘트 : 잔골재 = 1 : 2 (질량비), 폴리머-시멘트비를 0, 5, 10 및 15%, 분말소포제 첨가율을 2%(폴리머 분말에 대한 질량비), 분말수축저감제 첨가율을 2%(시멘트 량에 대한 질량비)로 하여 배합하였다. 결합제인 시멘트는 포틀랜드 시멘트와 알루미나 시멘트를 8:2의 비율로 혼합하여 사용하였다. 본 실험에 사용된 폴리머-시멘트 모르타르의 배합비는 Table 3과 같다.

3.2 동결융해 시험

동결융해 시험은 KS F 2456 (급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법)에 준하여 수중 급속 동결융해 시험을 실시하였다. 공시체의 온도는 동결시 -18 °C, 융해시 4 °C가 되게 하였고, 동결융해 1사이클은 2시간 40분으로 하였다. 매 50 사이클 간격으로 시험값을 측정하였으며, 반복 300 사이클에서 시험을 종료 하였다.

3.2 중성화 및 염화물 침투시험

중성화 시험은 JIS A 1171 (폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 준하여 실시하였다. 공시체는 14일간 중성화시험장치 [30 °C, 60% (RH), CO₂농도 5.0%]내에 정착하였다가, 2등분된 공시체 단면에 1% 페놀프탈레인 알콜 용액을 분무하여 적색으로 변하지 않는 부분을 중성화 깊이로 간주하여 측정하였다.

염화물 침투 시험 역시 JIS A 1171 에 준하여 NaCl 용액(20°C, 2.5%)에 7일간 담그었다가 2등분된 공시체 단면에 0.1% 프롤로세인나트륨 용액 및 0.1% 질산은 용액을 분무하여 형광을 발산하는 부분을 염화물 침투깊이로 하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 동결융해 저항성

Fig. 1~ Fig. 3은 SBR 및 PAE 재유화형 분말수지를 각각 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르에 대한 동결융해 시험결과를 나타낸 결과이다.

Fig. 1에는 동결융해 사이클 수에 따른 중량감소율을 나타내었다. 폴리머를 혼입하지 않았을 경우(0%) 동결융해 150 사이클에서의 중량감소율은 약 7%정도였으나, 폴리머 최대 혼입비(20%)에서는 300 사이클에서도 2% 미만으로 우수한 동결융해 저항성을 보였다. 또한 폴리머 혼입후(5%이상)의 중량감소율은 300 사이클에서도 모두 4% 미만으로 현저히 높은 동결융해 저항성 증가를 나타냈다.

Fig. 2는 동결융해 시험후 공시체의 초음파 진동속도 측정결과이다. 폴리머-시멘트비가 0%에서 15%로 높아짐에 따라 초음파 진동속도는 초기(0%)의 3500 m/s에 비하여 SBR은 단계별로 100 m/s씩(약 3%), PAE는 170 m/s씩(약 4%)의 일정한 폭으로 낮았고, 동결융해 사이클수에 따라 전체적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

Fig. 3에는 상대동탄성계수를 나타내었다. 폴리머 혼입(5%, 10%, 15%)에 따른 상대동탄성계수는 동결융해 300 사이클 후에도 88%~95%로서, 폴리머를 혼입하지 않았을 때의 상대동탄성계수(동결융해 150 사이클후 60%)에 비하여 상당히 높은 값을 보였다.

Fig. 4는 동결융해 시험으로부터 얻어진 내구성 지수를 나타낸 것이다. 폴리머를 혼입하지 않았을 때(0%)의 약 60에서 혼입하였을 때(5%~15%)는 88~98로 높은 내구성지수의 증가를 보였다.

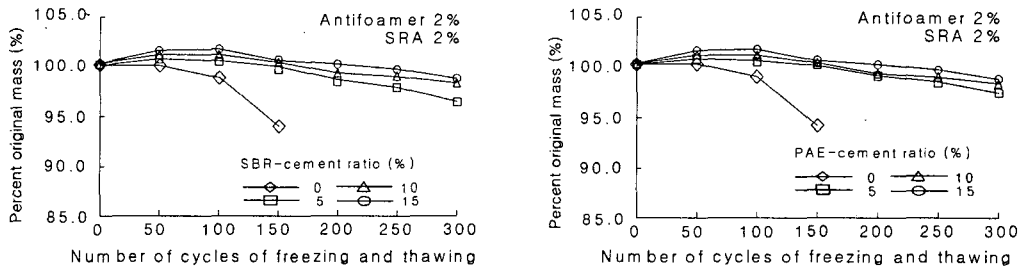


Fig. 1 Number of cycles of freezing and thawing versus percent original mass

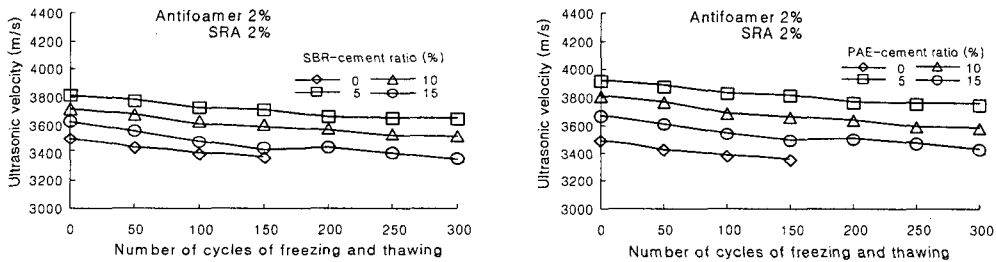


Fig. 2 Number of cycles of freezing and thawing versus ultrasonic velocity

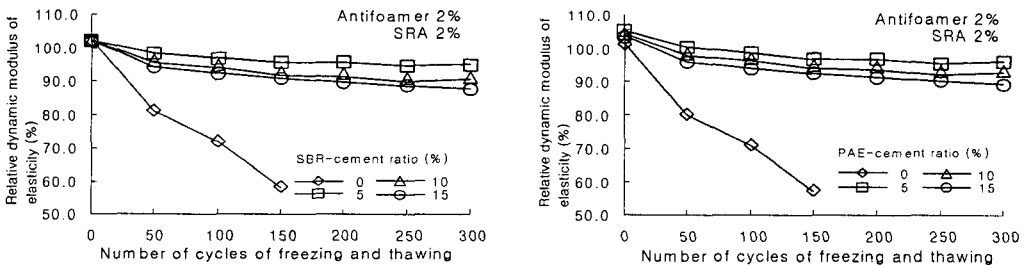


Fig. 3 Number of cycles of freezing and thawing versus relative dynamic modulus of elasticity

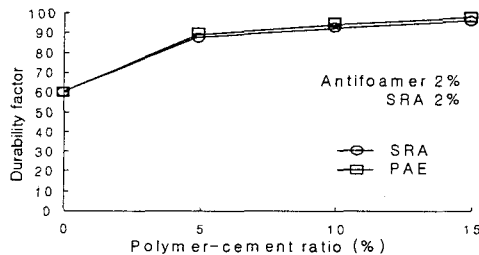


Fig. 4 Durability factor versus polymer-cement ratio

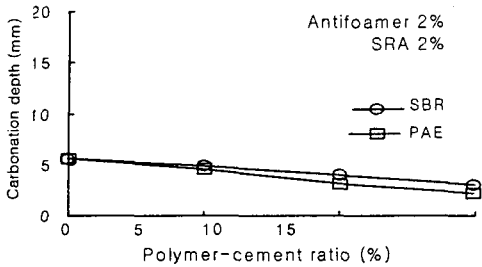


Fig. 5 Carbonation depth versus polymer-cement ratio

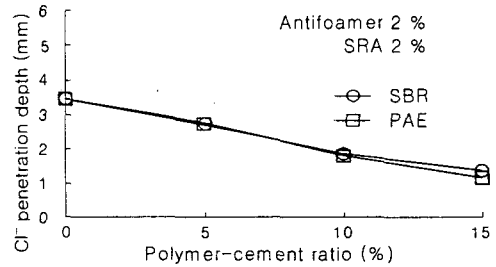


Fig. 6 Cl⁻ penetration depth versus polymer-cement ratio

폴리머를 혼입하였을 때 내구성이 증가되는 원인은 분말수지의 접착성이 우수하여 모르타르 내부에 보다 치밀한 조직을 형성하였고, 또한 시멘트 수화물 내부에 폴리머 필름을 형성함으로써 방수성이 향상되어 동결융해과정에서 물의 내부 침투를 억제하기 때문이라고 판단된다.

4.2 중성화깊이 및 염화물 이온 침투 시험

Fig 5 및 Fig. 6은 각각 폴리머-시멘트비에 따른 중성화 깊이와 염화물 이온 침투 깊이를 나타낸 것이다. 중성화와 염화는 시멘트 수화물의 성능저하를 일으키는 주요 요소로서 이는 재료의 성능을 평가함에 있어서 매우 중요한 의미를 갖는다.

Fig. 5는 중성화 시험결과로서 폴리머-시멘트비가 0~15%로 증가함에 따라 중성화 깊이는 약 5.5 mm에서 2.5 mm로 감소하였으며, 이는 보통 포틀랜드 시멘트 콘크리트(≥ 10 mm)에 비하여 현저히 작은 값이라 할 수 있다. Fig 6은 염화물 이온 침투시험 결과를 나타낸 결과로서, 폴리머-시멘트비가 0~15%로 증가함에 따라 염화물 침투 깊이는 약 3.5 mm에서 약 1.5 mm로 일정하게 감소하는 경향을 보였다.

이것은 모르타르 내부에 형성된 폴리머 필름이 시멘트 모르타르의 내부 공극을 줄여주고, 또한 외부의 유해물질 침투를 차단시켜주기 때문인 것으로 사료된다.

그리고, SBR 및 PAE의 모르타르 내구성은 대체로 비슷하게 나타났으나, PAE가 약간 높은 성능개선 효과를 보였다.

5. 결 론

본 연구는 SBR 및 PAE 재유화형 폴리머를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성을 구명하기 위하여 수행된 바, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 동결융해 시험에 의한 중량감소율은 폴리머 미혼입시 7%이상인데 비해, 혼입시에는 최대 2%정도까지 감소되었다.
- 2) 동탄성계수는 폴리머를 혼입하지 않았을 경우 동결융해 150 사이클에서 약 40%의 감소를 보였으나, 폴리머 혼입량이 15%일 때는 300 사이클에서도 약 5%미만의 감소를 보였다.
- 3) 내구성 지수는 폴리머를 혼입하지 않았을 때의 약 60에서, 5~15%를 첨가하였을 경우 88~98로 현저히 개선되는 것으로 나타났다.
- 4) 중성화 깊이는 폴리머 시멘트비가 0~15%로 증가함에 따라 약 5.5 mm에서 2.5 mm로 일정하게 감소하였으며, 염화물 침투 깊이는 폴리머 시멘트비가 0~15%로 증가함에 따라 약 3.5 mm에서 1.5 mm로 감소하였다.

6. 참고문헌

- 1) Ohama Y., "Handbook of Polymer-modified Concrete and Mortars, Properties and Process Technology", pp. 130-147, 1995.
- 2) Chandra S. and Ohama Y., "Polymers in Concrete", pp.130-133, 1994.
- 3) 정중호, "재유화형 분말수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 기초적 성질", 강원대학교 석사학위논문, 2005.